

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 083**

51 Int. Cl.:

B23K 9/167 (2006.01)

B23K 35/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2010** **PCT/FR2010/050172**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.08.2010** **WO10092279**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2010** **E 10708272 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.08.2016** **EP 2396137**

54 Título: **Procedimiento de soldadura por arco con doble flujo gaseoso, con flujo central que contiene argón e hidrógeno y el flujo de recubrimiento que comprende argón y dióxido de carbono**

30 Prioridad:

11.02.2009 FR 0950845

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

14.02.2017

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75, Quai d'Orsay
75007 Paris , FR**

72 Inventor/es:

**GADREY, SÉBASTIEN y
PLANCKAERT, JEAN-PIERRE**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 601 083 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de soldadura por arco con doble flujo gaseoso, con flujo central que contiene argón e hidrógeno y el flujo de recubrimiento que comprende argón y dióxido de carbono

5 La invención se refiere a un procedimiento de soldadura por arco eléctrico mediante un soplete de soldadura por arco provisto de un electrodo y un doble flujo de composición que permite evitar o al menos minimizar el fenómeno de "humping".

10 El documento B.J. Bradstreet, *Effect of surface tension and metal flow on weld bead formation*, Welding Journal, 1968, vol. 47, nº 7, pp. 314-322, trata del fenómeno llamado de protuberancia o "humping" (en inglés) en soldadura MIG, mientras que el documento U. GRATZKE et al., *Theoretical approach to the humping phenomenon in processes*, J. Phys. D. Appl. Phys., 1992, vol. 25 pp. 1640-1647 muestra la existencia de este fenómeno en soldadura TIG, en arco sumergido, en soldadura láser y en soldadura de haz de electrones.

Las soldaduras que sufren "humping" parecen presentar inicialmente morfologías aleatorias. No obstante, una observación detallada muestra que se pueden definir dos tipos de morfologías, es decir:

- morfología de tipo región hueca o "gouging region morphology" (GRM),
- 15 - y morfología de tipo cilindro perlado o "beaded cylinder morphology" (BCM).

Existen soldaduras que pueden presentar simultáneamente características de estas dos morfologías aunque esto sea bastante raro.

20 Hay cuatro teorías que intentan explicar la aparición de las protuberancias o "humping". Entre ellas, algunas apuntan específicamente a explicar un tipo de morfología del defecto. Así, el modelo del vórtice o torbellino y el efecto del arco tienen como objetivo la morfología de tipo GRM, y el modelo de inestabilidad capilar tiene como objetivo la de tipo BCM, mientras que la aproximación "Marangoni" no define morfología de aplicación.

25 Más precisamente, el modelo de Marangoni, descrito por K.C. Mills et al, *Factors affecting variable weld penetration*, International Materials Reviews, 1990, vol. 45, nº 4, pp. 185-216, que examina los factores que afectan la penetración de soldadura, sugiere que el "humping" y los conductos podrían ser atribuidos a fuerzas de Marangoni creadas en el baño de soldadura.

Además, el modelo del "vórtice" o torbellino, descrito por M.L. Lin et al, *Influence of arc pressure on weld pool geometry*, Welding Journal, 1985, vol. 64, nº 6, 163-169, está basado en un modelo de arco de torbellinos para explicar el aumento de la penetración observada durante la soldadura TIG de corriente de gran potencia.

30 Según el modelo de la inestabilidad capilar, el fenómeno de "humping" está basado en la teoría de Lord Rayleigh sobre la inestabilidad capilar de un cilindro líquido libre de pequeño diámetro que, cuando está suspendido en el vacío, es inestable y se separa en pequeñas gotas.

35 Finalmente, según el modelo de influencia del arco, durante el funcionamiento normal de una instalación de soldadura por arco de tipo MIG o TIG, existe un balance de presiones entre el arco y el baño. A corrientes elevadas, las fuerzas de las estelas del plasma son suficientemente grandes para desplazar la mayoría del metal en fusión detrás del arco. El balance de fuerzas escrito por P.F. Mendez et al., *Penetration and defect formation in high current arc welding*, Welding Journal, 2003, vol. 82, nº 10, pp. 296-306, establece una línea de transición que marca el paso de la región hueca a la región de continuación.

Se han propuesto varias soluciones para intentar evitar este fenómeno de "humping" en soldadura TIG y mejorar así las prestaciones del procedimiento, en particular en soldadura TIG automática.

40 De hecho, las velocidades de avance, es decir de soldadura, aplicadas en soldadura TIG automática a menudo están limitadas por la presencia de defectos. Un límite de productividad impuesto por el "humping" se puede representar como en la figura 1.

45 La figura 1 que se extrae del documento W. Savage, et al., *Effect of arc force on defect formation in GTA welding*, Welding Journal, 1979, vol. 58, nº 7, pp. 212-224, representa la velocidad de soldadura (en ordenadas expresada en cm/min) en función de la corriente de soldadura (en abscisas expresada en A). Tal como se ve, muestra los límites de aceptación de los cordones de soldadura en términos de velocidad de soldadura que se puede alcanzar para una corriente dada. La línea continua une diferentes puntos de funcionamiento donde aparece el fenómeno de "humping". La línea discontinua corresponde al límite de aparición de otro defecto, es decir de los "conductos". Entre estas dos líneas existe una zona de productividad donde los cordones están exentos de estos defectos. Para aumentar la productividad de un procedimiento de soldadura, conviene por lo tanto desplazar el límite de aparición del "humping" para aumentar el área de productividad.

Para ello, se ha propuesto mejorar el control de transferencia de la energía a la pieza y aumentar la superficie de la pieza sometida a los flujos de calor del arco TIG mediante una desviación u oscilación magnética del arco. En

efecto, según la ley de Laplace, el arco situado entre los dos polos de un circuito magnético de una bobina sufre la acción de una fuerza F que tiene tendencia a desplazarlo. Si la corriente I en la bobina está invertida, la inducción creada entonces cambia de sentido y ello invierte el sentido del desplazamiento del arco.

Sin embargo, esta solución no es plenamente satisfactoria ya que no permite obtener mejoras de la productividad en soldadura TIG automática. En efecto, para conservar una penetración correcta a velocidades elevadas, es decir de aproximadamente 2 m/min, es necesario aplicar una intensidad de soldadura alta, es decir de 250 a 300 A, para mantener la energía aportada por unidad de superficie. Ahora bien, cuanto más se aumente la intensidad de soldadura, más aumenta la componente axial de la fuerza de Lorentz ejercida sobre el arco por el campo B que ha creado y entonces se obtiene un arco considerado más rígido. Por consiguiente resulta más difícil desplazar el cono de arco debido a la tensión creada por la bobina.

Por otra parte, tal como muestra B. Keen et al., *Effects of interaction between surface active elements on the surface tension of iron*, Canadian Metallurgical Quarterly, 1982; vol. 21; nº 4; pp. 393-403; C. Heiple et al., *Mechanism for minor element effects on GTA fusion zone geometry*, Welding Journal, abril 1982, pp. 97-102; y *The effect of trace elements on TIG weld penetration*; en Proceedings of TWI international conference: *The effects of residual, impurity and micro-alloying elements on weldability and weld properties*; Londres, Inglaterra; 15-17 de noviembre de 1983, en numerosos casos, los flujos de metal líquido, la transferencia de calor y la forma de la soldadura así como sus propiedades están significativamente influenciadas por la convección de Marangoni. La presencia de un elemento tensioactivo, tal como el S o el O, en el baño de soldadura altera la tensión de superficie del disolvente. En efecto, los elementos tensioactivos cambian la dependencia de la tensión de superficie a la temperatura (dy/dT) de un valor negativo para los disolventes puros a un valor positivo para los sistemas binarios. Este cambio en el signo de (dy/dT) tiene un impacto en los sistemas.

De aquí, es posible influenciar la forma del cordón jugando con la naturaleza y la cantidad de elementos tensioactivos aportados en el baño, por medio de un hilo fusible que contiene estos elementos, de forma que se provoque una inversión del sentido de circulación del metal en fusión en el baño de soldadura, sabiendo que esto aparecía en los aceros en presencia de pequeñas cantidades de tensioactivos.

Esta solución se había considerado para paliar los defectos del procedimiento con flujo denominado "A-TIG". La obtención del efecto activante para el flujo es innegable, su inconveniente es que exige una operación suplementaria de preparación, es decir el depósito del flujo. Además, siendo la zona preparada de una superficie superior a la del cordón, la cantidad de producto consumida es mucho mayor que la que es efectivamente necesaria. La utilización de un hilo de aporte tubular podría permitir paliar estos defectos llevando los constituyentes activos en continuo en el momento mismo de la soldadura por medio de este hilo. La supresión de la operación de preparación, depósito del flujo con pincel puede ser apreciable. Sin embargo, los ensayos han mostrado que el aporte de hilo provoca tensiones operatorias no desdeñables, en particular las bajas velocidades de hilo inducen problemas de devanado. Lo mismo que con el flujo depositado en superficie, la utilización de los hilos acelerados necesita tensiones bajas y por lo tanto arcos cortos. La dificultad está entonces en posicionar correctamente el hilo en el baño. Por lo tanto, la aplicación de este procedimiento no es fácil y la reproducibilidad de los resultados, para parámetros idénticos, no se ha demostrado ya que la posición del hilo respecto al electrodo y al baño influye en los parámetros necesarios para la obtención de la penetración.

En soldadura TG monoflujo, una optimización de los parámetros físicos de soldadura, tal como el ángulo de afilado del electrodo, la naturaleza del gas de protección o la inclinación del soplete puede permitir, en algunos casos, alcanzar un ligero desplazamiento de la velocidad de aparición del "humping" pero la ganancia es de muy poca magnitud.

Así, una utilización de hidrógeno o de helio como gas de protección en soldadura TIG mono-flujo de gas, en lugar de argón, no permite aumentar la velocidad límite de aparición del "humping" en configuración línea de fusión. Estos gases permiten únicamente ampliar la zona de influencia de calor y obtener un baño más fluido gracias a la conductividad térmica elevada de estos gases.

Sin embargo, la presión magnética ejercida sobre el baño también aumenta ya que asiste a un estrechamiento de la distribución de las líneas de corriente debido a que el potencial de ionización de estos gases es más elevado que el del argón. Esto se traduce entonces en una depresión más marcada bajo el arco del baño de soldadura. Ello corresponde a un rechazo del baño hacia atrás más pronunciado y lleva a desplazar las condiciones de aparición del "humping" a otro punto de equilibrio entre presión electromagnética del arco y presión hidrostática del baño.

Por otra parte, W. Savage et al., *Effect of arc force on defect formation in GTA welding*, Welding Journal, 1979, vol. 58, nº 7, pp. 212-224, describe la utilización en soldadura TIG de doble-flujo de una mezcla argón-O₂ en gas periférico para permitir una mejor penetración.

Sin embargo, esta solución tampoco es ideal ya que si la acción de constricción neumática del arco, que resulta del doble flujo de gas, permite aumentar la penetración y por lo tanto aumentar el volumen de metal fundido a igual anchura de cordón, ello se acompaña de un aumento de velocidad límite constatada poco importante.

Además, cuando el gas periférico o anular contiene O_2 , se obtienen resultados muy diferentes en términos de mejora de la velocidad límite. Estas diferencias de comportamiento se pueden explicar por variaciones a nivel de las composiciones de las chapas de acero soldadas. En efecto, los elementos S y O presentes en los aceros tienen un efecto tensioactivo y el óptimo en O es dependiente necesariamente del contenido de S. Si el contenido de S es tal que (dy/dT) ya es positivo, el aporte de O no tiene como efecto el incremento de la temperatura T_0 . El punto de inversión de los flujos de convección se acerca por lo tanto al centro.

Sin embargo, el efecto benéfico no es de la misma magnitud que con un paso de negativo a positivo de (dy/dT) .

Además, S y O combinan sus efectos pero en realidad, se trata de S y O "solubles", es decir que no están ligados a otro elemento en forma de un compuesto químico ya que si fuese el caso, ya no tienen influencia sobre la tensión de superficie. Por lo tanto, conviene distinguir los elementos tensioactivos (azufre, oxígeno, selenio y telurio), los elementos reactivos que van a capturar en forma de compuestos uno u otro de los elementos tensioactivos y van a reducir por lo tanto el contenido de este elemento en el estado soluble (ej.: Al para el oxígeno, calcio, cerio o lantano para el azufre) y los elementos neutros.

En el caso del oxígeno, hay que prestar una atención particular al aluminio ya que el aluminio se utiliza como desoxidante durante la elaboración del acero y el residuo puede variar mucho según las coladas y las prácticas de acerista elaborador.

Esto hace que sea imposible cualquier industrialización de este método ya que no es posible en la práctica controlar el contenido de oxígeno del gas utilizado en función de la cantidad que se va a transferir al baño en forma libre.

Por otra parte, se conoce del documento JP-A-2000237875 un procedimiento de soldadura por arco eléctrico TIG, según el preámbulo de la reivindicación 1, y que aplica un flujo de gas central formado por argón e hidrógeno y un flujo de gas de recubrimiento formado por argón y aire.

Finalmente, el documento US-A-5821493 muestra un procedimiento de soldadura híbrida láser-TIG de piezas revestidas, en particular piezas revestidas, en particular piezas revestidas de zinc.

El problema que se plantea es por consiguiente el de poder eliminar los defectos ligados al "*humping*" y hacer que sean alcanzables mayores velocidades de avance en soldadura TIG automática del acero, en particular velocidades de al menos 2 m/min.

La solución es un procedimiento de soldadura por arco eléctrico que aplica un soplete de soldadura por arco provisto de un electrodo, tal como se ha definido en la reivindicación 1, en el que un flujo de gas central se libera en contacto con el electrodo y un flujo de gas anular se libera periféricamente, es decir de forma anular, a dicho primer flujo de gas, estando constituido el flujo de gas central únicamente por argón e hidrógeno (H_2), estando comprendido el contenido de hidrógeno entre 2 y 8% en volumen, donde el flujo de gas de recubrimiento está constituido únicamente por argón y por 1,8 a 3% en volumen de dióxido de carbono (CO_2).

Según el caso, el procedimiento de la invención puede comprender una o varias de las siguientes características:

- el soplete de soldadura por arco está provisto de un electrodo no fusible de wolframio; por lo tanto se trata de un soplete TIG,

- el flujo de gas central contiene al menos 3% en volumen de H_2 ,

- el flujo de gas central contiene como máximo 7% en volumen de H_2 ,

- se sueldan una o varias piezas de acero, principalmente de acero inoxidable o de acero al carbono, en particular los aceros revestidos con una capa de superficie de zinc, de aluminio o de cualquier otro material destinado a prevenir la corrosión del acero considerado.

- la o las piezas que se van a soldar se eligen entre los formatos soldados.

- se suelda a una velocidad de al menos 2 m/min,

- el soplete se instala en una instalación de soldadura automática o automatizada,

- las mezclas gaseosas contienen impurezas inevitables.

La presente invención se va a comprender mejor ahora gracias a los ejemplos comparativos siguientes, dados a modo ilustrativo.

Ejemplos

Para intentar resolver el problema de "*humping*" o de protuberancias, en el marco de la presente invención, se han estudiado los flujos de metal y la formación del cordón de soldadura en presencia de varios gases o mezclas gaseosas diferentes en soldadura TIG de doble flujo automática.

- 5 En particular, se ha ensayado la acción conjugada de un flujo de gas central formado por una mezcla de Ar/H₂ y un flujo de gas anular formado por una mezcla de Ar/CO₂ para aumentar la velocidad de soldadura. Este acoplamiento se ha elegido con cuidado para beneficiarse de las características de cada componente para obtener los efectos deseados.

- 10 Así, el argón facilita el cebado del arco y lo estabiliza gracias a su baja energía de ionización de 15,8 eV a comparar con 24,6 eV necesarios para el helio.

El hidrógeno se añade para aumentar la energía del arco. Siendo H₂ una molécula diatómica, su presencia en la mezcla gaseosa va a aumentar el aporte de calor a la chapa gracias a la energía liberada durante la recombinación (4,5 eV/molécula). Además, la conductividad térmica más elevada del hidrógeno aumenta también la temperatura del baño.

- 15 A altas temperaturas, es decir más de 5.000 K, el 97% molar del CO₂ del flujo de gas anular está disociado en el arco según la ecuación : $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + 1/2 \text{O}_2$, que conduce a la formación de oxígeno. Ahora bien, el oxígeno es un elemento tensioactivo, su presencia en el metal fundido rebaja la tensión de superficie del metal. Así, el documento B. Keene, *Review of data for the surface tension of iron and its binary alloys*, International Materials Reviews, 1988, vol. 33, n° 1, pp. 1-37, da para la mezcla binaria Fe-O, la relación: $\gamma_{\text{Fe-O}} = \gamma_{\text{Fe}} - 7490[\text{at.}\% \text{O}]$. Por lo tanto, el oxígeno formado va a fluidificar el baño.

- 20 La figura 2 ilustra las conductividades térmicas (en ordenadas) de los componentes de las mezclas gaseosas de protección en función de la temperatura (en abscisas). La conductividad térmica se define como la velocidad a la que se propaga el calor por conducción a través de una superficie unidad, normal a la dirección del flujo de calor, y ello por unidad de longitud y unidad de diferencia de temperatura. Controla por lo tanto la transferencia de calor por conducción y tiene un impacto sobre la morfología del cordón, la temperatura del baño de soldadura y el mojado.

Se puede observar en la figura 2 que el helio y el hidrógeno tienen conductividades térmicas más elevadas que la del argón y permitirán obtener arcos más energéticos.

- 30 La Tabla 1 siguiente da las composiciones (% en volumen) de los diferentes gases G1 a G9 que se han ensayado en soldadura TIG de doble flujo.

Tabla 1

% en volumen	Ar	H ₂	He	CO ₂	O ₂ (no incluido en la presente invención)
G1	100	/	/	/	/
G2	98	2	/	/	/
G3	95	5	/	/	/
G4	99	/	/	1	/
G5	98	/	/	2	/
G6	95	/	/	8	/
G7	99	/	/	/	1
G8	98,5	/	/	/	1,5
G9	80		20	/	/

- 35 La tabla 2 siguiente reúne los resultados obtenidos en términos de velocidad de soldadura (Vs) límite antes de la aparición del fenómeno de "*humping*" en piezas de acero A42 con un espesor de 1,5 mm, utilizando un soplete automático de soldadura TIG de doble flujo clásico provisto de un electrodo no fusible afilado de 3,2 mm de

diámetro de wolframio con cerio de tipo W-2%CeO₂, con altura de arco de aproximadamente 2 mm e intensidad de soldadura del orden de 200 A y utilizando diferentes asociaciones de gas G1 a G9.

Tabla 2

Ensayo nº	1(*)	2(*)	3(*)	4(*)	5(*)	6(*)	7(*)	8(*)	9(*)	10(*)	11	12(*)	13(*)	14(*)
Gas central	G1	G2	G5	G9	G1	G1	G1	G1	G1	G3	G3	G3	G3	G3
Gas anular	G1	G1	G1	G1	G4	G5	G6	G7	G8	G4	G5	G6	G7	G8
Vs max (cm/min)	200	200	230	220	220	250	220	250	240	250	300	220	300	240

(*) - no incluido en la presente invención

- 5 Se deduce de la Tabla 2 que el par G3/G5 (ensayo 11) según la invención presenta las mejores prestaciones tanto en términos de aumento de velocidad como de limitación de los óxidos presentes en superficie. De hecho, con estas asociaciones particulares de gas, existe un efecto tensioactivo acoplado a un aumento de volumen de metal fundido y a una elevación de la temperatura del baño, lo que va en el sentido de un refuerzo de la convección de Marangoni ya que ésta se dirige entonces hacia el centro del cordón. En consecuencia, se forma un equilibrio de las presiones en la zona de transición que se modifica ya que la presión del baño de soldadura ha aumentado. El baño presenta una mejor aptitud al mojado ya que las zonas secas se recubren más rápidamente. Finalmente, el baño más caliente se solidifica más lentamente.

- 10 Estos ensayos 11 y 13 confirman por lo tanto el interés de trabajar con un contenido de CO₂ muy inferior a aproximadamente 3% (siendo el resto de argón), preferentemente un contenido de CO₂ inferior al 2,5%, ventajosamente contenidos del orden del 2% de CO₂, asociados a un flujo central de argón y de hidrógeno entre 2 a 8%, preferentemente un contenido de H₂ entre 4 y 7%, ventajosamente del orden de 5% de H₂.

- 15 En efecto, tal como lo muestran los ensayos 12 y 14, la utilización de gases anulares demasiado fuertemente cargados de oxidante, provoca una degradación de las prestaciones por la aparición de una película de óxido sobre las piezas soldadas. Ahora bien, esta película de óxidos se opone al efecto tensioactivo por una elevación de la viscosidad, incluso conduce a una aparición de manchas negras más o menos grandes sobre los cordones de soldadura.

- 20 Para evitar estos fenómenos nefastos, se evita utilizar como gas anular, una mezcla gaseosa demasiado fuertemente oxidante.

Por tanto, según la invención, se limita el contenido de CO₂ al 3%, incluso a menos del 2,5% de CO₂.

- 25 Incluso, es importante elegir con cuidado la composición de la mezcla gaseosa que contiene hidrógeno y argón utilizada como gas central.

- 30 En efecto, el hidrógeno es uno de los factores que provocan el agrietamiento en frío (calidades ferríticas) y también puede ser la causa de porosidades. Por lo tanto, es necesario establecer la compatibilidad metalúrgica (aceros no templados y aceros inoxidables austeníticos) de la mezcla gaseosa utilizada y por lo tanto controlar estrictamente el contenido de H₂ presente en dicha mezcla.

Para ello, se han efectuado ensayos comparativos, en las mismas condiciones operatorias que anteriormente, pero con diferentes pares de gases (cf. Tabla 3 siguiente) de forma que se determine principalmente el(los) mejor(es) contenido(s) de H₂ que se va a utilizar y que se confirme si el oxígeno tenía o no un efecto equivalente al CO₂ en el gas anular por comparación con los resultados obtenidos para el par G3/G4 de la Tabla 3.

Tabla 3

Gas central	Ar + 2% H ₂	Ar + 5% H ₂	Ar + 5% H ₂
Gas anular	Ar + 1% CO ₂	Ar + 1% O ₂	Ar + 1,5% O ₂
Vs máxima	Inferior a la obtenida con G3	Aprox. igual a la obtenida con G4	Inferior a la obtenida con G4

(% en volumen)

Los resultados obtenidos muestran que:

- un flujo central que contiene solamente 2% en volumen de H_2 en argón (en lugar de 5% de H_2 para G3) lleva a la obtención de una velocidad límite inferior respecto a la obtenida con el par G3/G4. Limitando el contenido de hidrógeno, se limita el efecto sobre el aporte de calor a la chapa y se pierde a la vez en volumen de baño y en gradiente de temperatura. Por lo tanto, se preferirá utilizar contenidos de H_2 de al menos 2% en volumen, preferentemente incluso superior al 3%, incluso superior a 3,5%, ventajosamente entre 4 y 8%.

- cuando el flujo central es G3 ($Ar + 5\% H_2$) y el flujo anular periférico se reemplaza por una mezcla de argón y de oxígeno, no incluido en la presente invención, entonces un contenido en volumen de 1% de O_2 lleva a resultados sensiblemente equivalentes en términos de velocidad a G4 ($Ar + 1\% CO_2$), mientras que un aumento del contenido de O_2 hasta el 1,5% en el gas anular distribuido en periferia, provoca una disminución de las prestaciones de velocidad y el aspecto del cordón también está degradado. En efecto, todos los sitios disponibles ya están ocupados por los átomos de oxígeno solubles y los átomos solubles suplementarios no sirven más que para crear óxidos. Por lo tanto, no existe efecto positivo sobre la convección de Marangoni y, a la inversa, se asiste a una aparición de placas de óxidos nefastos que van en el sentido de un aumento de las tensiones de superficie y desfavorecen el aspecto del cordón. A las temperaturas que existen en periferia del arco, el CO_2 se disocia totalmente y trabajar con un gas que contiene 1% de O_2 es equivalente a trabajar con un gas que contiene 2% de CO_2 . Por lo tanto, el contenido de O_2 en el flujo de gas anular no debe sobrepasar 1,5% en volumen, preferentemente se utilizará un contenido de O_2 inferior o igual a 1,3%, incluso inferior o igual a 1,2%. Un contenido de oxígeno del orden de 1% está particularmente bien adaptado.

El procedimiento de la invención está particularmente adaptado a la soldadura de las chapas para automóviles, tales como los formatos soldados o "*tailored blanks*".

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Procedimiento de soldadura por arco eléctrico que aplica un soplete de soldadura con arco provisto de un electrodo, en el que se libera un flujo de gas central por contacto con el electrodo y se libera un flujo de gas anular periféricamente a dicho primer flujo de gas, caracterizado por que el flujo de gas central está constituido únicamente por argón e hidrógeno (H_2), estando el contenido de hidrógeno comprendido entre 2 y 8% en volumen, y el flujo de gas de recubrimiento está constituido únicamente por argón y 1,8 a 3% en volumen de dióxido de carbono (CO_2).
- 10 **2.** Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el flujo de gas central está formado por al menos 3% en volumen de hidrógeno y de argón para el resto.
- 10 **3.** Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el flujo de gas central está formado por al menos 4% en volumen de hidrógeno y de argón para el resto.
- 15 **4.** Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el flujo de gas central está formado como máximo por 7% en volumen de hidrógeno y de argón para el resto.
- 15 **5.** Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el flujo de gas de recubrimiento está constituido únicamente por argón y por 1,8 a 2,5% en volumen de dióxido de carbono (CO_2).
- 15 **6.** Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el soplete de soldadura con arco está provisto de un electrodo no fusible de wolframio.
- 20 **7.** Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que se suelda una o varias piezas de acero.
- 20 **8.** Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que se suelda una o varias piezas de acero que comprenden un revestimiento de superficie de zinc o de aluminio.
- 25 **9.** Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la o las piezas a soldar se eligen entre los formatos soldados.
- 25 **10.** Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que se suelda a una velocidad de al menos 2 m/min.

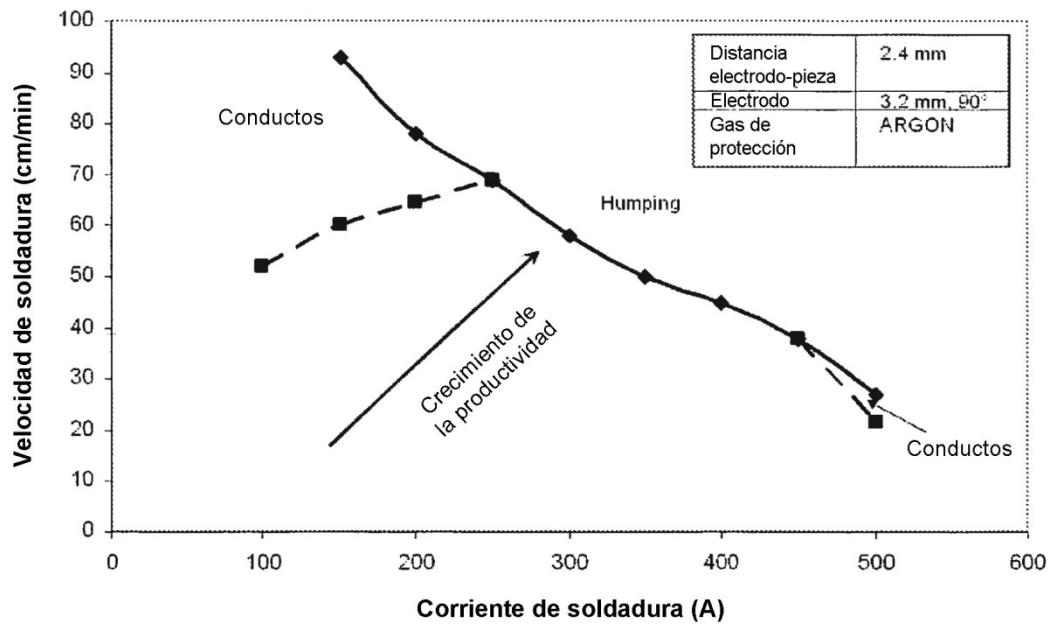


FIGURA 1

FIGURA 2

